

УДК 633.63:632.5:632.954

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕРБИЦИДОВ В БОРЬБЕ С СОРНЯКАМИ И ИХ ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ДЛЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА ОБРАБАТЫВАЕМЫХ РАСТЕНИЙ И НОРМЫ РАСХОДА ПРЕПАРАТОВ

© 2023 г. Е. А. Дворянкин

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова
396030 Воронежская обл., Рамонский р-н, п. ВНИИСС, 86, Россия

E-mail: dvoryankin149@gmail.com

Поступила в редакцию 04.11.2022 г.

После доработки 28.11.2022 г.

Принята к публикации 15.12.2022 г.

В полевых опытах на опытном поле ВНИИСС проведены испытания различных комбинаций гербицидов против малолетних двудольных сорняков в посевах сахарной свеклы в условиях 2018–2020 гг., включавшие препараты: Бетанал максПро (БМП), Бетанал Эксперт ОФ (БЭОФ), Бетанал 22, Митрон, Карибу. Исследована эффективность химической прополки в зависимости от возраста сорняков и нормы расхода препаратов. Показано, что наиболее высокая эффективность химической прополки (98–100%) в сочетании с низкой фитотоксичностью для сахарной свеклы была обеспечена при обработке наименьшими (из рекомендуемых) нормами расхода препаратов в ранних фазах развития сорняков: семядолей–1-й пары настоящих листьев. Задержка с обработкой гербицидом увеличивала неоднородность сорняков по фазе развития и снижала эффективность химической прополки посева. Сахарная свекла особенно в ранних фазах развития испытывала стресс после внесения гербицидов в течение от 6-ти до 14-ти сут. Продолжительность стресса зависела от дозы гербицида, условий среды, фазы развития сахарной свеклы. При избыточном внесении гербицидов растения сахарной свеклы были подвержены более длительной депрессии. Формирование продуктивных показателей сахарной свеклы зависело от условий погоды, эффективности комбинации гербицидов на сорняки и токсикологической нагрузки ими на растения культуры. Применение максимально допустимых и повышенных норм расхода гербицидов по переросшим сорнякам на всех этапах химической прополки создавало предпосылки для снижения продуктивных показателей сахарной свеклы. В опытах, где применяли относительно “жесткие” схемы гербицидов расчетный сбор сахара снижался на 0.64–1.01 т/га.

Ключевые слова: сахарная свекла, гербициды, сорняки, эффективность, фитотоксичность, продуктивность.

DOI: 10.31857/S0002188123030043, EDN: KNOOHW

ВВЕДЕНИЕ

Важной составляющей эффективности действия гербицидов является соответствие нормы расхода препарата с фазой развития наиболее трудноискоренимых сорных растений [1–3]. В период задержки внесения гербицидов сорные растения активно развиваются, накапливают биомассу, формируют устойчивый водный режим. С накоплением биомассы резко возрастает их устойчивость к нормированным дозам гербицидов в результате биологического разбавления действующего вещества в тканях и органах сорняков, увеличения воскового слоя на листьях, воз-

растных морфологических изменений эпидермы, ее волосков, чешуек [2, 4].

На эффективность химической борьбы с сорняками большое влияние оказывают погодные условия. Послевсходовые гербициды наиболее активны при температуре 15–23°C, при более низких температурах действие гербицидов на сорняки ослабевает, а при температурах выше 25°C возрастает опасность повреждения растений культуры, особенно при контактном механизме действия на растения. Во всех случаях решающим фактором для принятия решения об обработке гербицидами посева является ранняя фаза развития сорняков [1, 3, 4]. При обработке гербицидами сахарной свеклы больше внимания уделяют

Таблица 1. Схема полевого опыта

Вариант, №	Послеусходовое внесение, л/га, кг/га		
	1-е внесение	2-е внесение	3-е внесение
1	Контроль без прополки		
2	Контроль с ручной прополкой		
3	БЭОФ 1.0	Бетанал максПро 1.25 + Митрон 1.0	Бетанал максПро 1.5 + Митрон 1.5
4	БЭОФ 1.0	БЭОФ 1.0 + Карибу 0.03 + Тренд 0.2	БЭОФ 1.3 + Карибу 0.03 + Тренд 0.2
5	БЭОФ 1.0 + Митрон 1.0	Митрон 1.0 + Карибу 0.03 + Тренд 0.2	БЭОФ 1.3 + Митрон 1.0 + + Карибу 0.03 + Тренд 0.2
6	Митрон 1.5	БЭОФ 1.3 + Митрон 1.5	Бетанал 22 1.5 + Митрон 1.0 + + Карибу 0.03 + Тренд 0.2
7	БЭОФ 1.3	Бетанал максПро 1.5 + Митрон 1.5	Бетанал максПро 1.8 + Митрон 1.5
8	БЭОФ 1.3 + Митрон 1.5	БЭОФ 1.5 + Митрон 1.5 + + Карибу 0.03 + Тренд 0.2	БЭОФ 1.5 + Митрон 1.5 + + Карибу 0.03 + Тренд 0.2
9	БЭОФ 1.5 + Митрон 1.5	Бетанал максПро 1.8 + Митрон 1.0 + + Карибу 0.03	Бетанал 22 2.0 + Карибу 0.03 + + Тренд 0.02

Примечание. Нумерация вариантов та же в табл. 3–6.

двудольным сорнякам, а среди них – особо трудноискоренимым, возраст которых используют в качестве ориентира для внесения гербицидов в посеве [5, 6].

Дробное послеусходовое внесение повышает эффективность гербицидов в борьбе с сорняками на 16–24% в сравнении с однократным применением гербицида. Послеусходовое внесение гербицидов позволяет предварительно скорректировать схему химической прополки с учетом погодных условий, количества, видового состава сорняков и тем самым снизить вероятность их негативного воздействия на растения культуры [3, 7].

При применении гербицидов растения культуры испытывают стресс, а при вынужденном повышении концентрации – угнетение. Эффективность применения гербицидов, определяется как недостатком, так и избытком их количества или активности. Лимитирующее влияние максимума (избыток фактора), как и минимума (недостаток фактора) описывает закон толерантности. Пределы толерантности характеризуют границы существования для растений [8]. Поэтому оценка фитотоксичности гербицидов на растения культуры и регламентирование норм их расхода для безопасной и эффективной борьбы с сорняками имеет научное и практическое значение.

Цель работы – оценка эффективности химической прополки сорняков и фитотоксичности примененных современных гербицидов для сахарной свеклы в зависимости от нормы расхода препаратов и фазы развития сорной растительности и растений культуры.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили на опытном поле ВНИИСС в 2018–2020 гг. Объектом служили растения сахарной свеклы, сорняки и свекловичные гербициды: Бетанал максПро (БМП), Бетанал Эксперт ОФ (БЭОФ), Бетанал 22, Карибу, Митрон (табл. 1). Фоновые обработки против злаковых сорняков проводили препаратом Пантера 1.0 л/га, эффективность которых составила 97–100%. Опыт закладывали в трехкратной повторности, размещение вариантов рендомизированное. Размер делянки 27 м² (2.7 × 10 м). В исследовании варьировали сроки и норму применения гербицидов.

Обработку делянок гербицидами осуществляли ранцевым опрыскивателем, оборудованным штангой с 6-ю распылителями, размещенными с интервалом 45 см (длина штанги 2.7 м), расход рабочей жидкости 250 л/га. Послеусходовые обработки посевов сахарной свеклы гербицидами проводили в разных фазах развития двудольных сорняков. Дробное внесение гербицидов применяли по мере появления новых волн нарастания сорняков.

Учеты сорняков проводили рамочным и количественно-весовым методами [9, 10]. Засоренность посева учитывали перед каждым внесением гербицидов и через 7 сут после их внесения. Учеты проводили на фиксированных площадках, не менее 16 повторений в варианте, что по методике [9] соответствует 5%-ному уровню значимости.

В опытах оценивали эффективность гербицидов против сорняков [1, 6], фитотоксичность гер-

бицидов для сахарной свеклы [11], урожайность и сахаристость корнеплодов на поточной линии “Венема”. В предварительных опытах исследовали степень нарастания фитотоксичности для растений сахарной свеклы разного возраста под действием Бетанала 22. Посев, уход за посевами, уборку проводили согласно общепринятым зональным рекомендациям.

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа с применением компьютерной расшифровки показателей продуктивности сахарной свеклы [10].

Погодные условия и фитосанитарное состояние посева. Вегетационный период 2018 г. в условиях Центрального Черноземья был умеренно засушливым с большим недобором влаги в августе. В мае и июне выпало 50% осадков от среднеголетних показателей. Недобор влаги в августе составил 85%. В июле и сентябре количество осадков было близким к среднеголетним.

В апреле—августе температура воздуха была на уровне среднеголетней, в сентябре — выше среднеголетней на 2.2°C.

В апреле—июле 2019 г. выпавшее количество осадков было близким к среднеголетним показателям, тогда как в августе и сентябре отмечен недобор влаги на 40 и 60% соответственно. В целом вегетационный период был благоприятным для формирования урожая сахарной свеклы. В начале вегетации (апрель—июнь) температура воздуха была выше среднеголетней на 1.2–1.8°C, в августе—сентябре — ниже среднеголетней на 1.0–1.6°C.

В мае и 1-й декаде июня 2020 г. выпало 68 мм осадков, что соответствовало среднеголетнему количеству влаги. Остальной период вегетации сахарная свекла произрастала в условиях с недобором влаги в июле, августе и сентябре. Температура воздуха в апреле—мае была ниже среднеголетней на 2–5°C, в июне — выше на 2°C, в июле—сентябре — была близка к среднеголетней.

Исследование проводили на фоне средней засоренности с преобладанием малолетних двудольных сорняков (136–243 шт./м²). В севообороте, где регулярно проводили химическую прополку посевов сельскохозяйственных культур, группа малолетних двудольных сорняков в посевах сахарной свеклы не отличалась большим разнообразием по видовому составу и была представлена в основном щирицей запрокинутой и марью белой (табл. 2). В 2020 г. отмечено нарастание подмаренника цепкого и чистеца полевого. Остальные виды сорняков (горцы, просвирник,

ярутка полевая и другие) произрастали в меньшем количестве. Злаковые сорняки представлены 2-мя видами: щетинником и куриным просом. Многолетние сорняки по численности не достигали экономического порога вредности (0.2 шт./м²). Пораженность корнеедом была невысокой (3.7–14.6%). В конце августа и сентябре отмечено развитие мучнистой росы и в разной степени болезни бактериального увядания сахарной свеклы.

В годы исследования численность сорняков в абсолютном контроле (без прополки) достигала максимума в июне, а затем постепенно снижалась в результате вытеснения и завершения вегетации отдельных видов сорняков. Снижение численности сорняков было особенно заметно в засушливых условиях.

При внесении гербицидов в качестве маркеров для контроля возраста сорняков в посевах сахарной свеклы использовали наиболее многочисленные злостные виды растений щирицы и мари белой.

Марь белая — ранний сорняк семейства маревые, распространен повсеместно, отличается высокой пластичностью и плодовитостью. Семена мари белой полиморфны. На растении встречаются семена 3-х видов. Крупные, плоские и коричневые прорастают в год созревания. Семена более мелкие, черные с толстой оболочкой прорастают на 2-й год, а очень мелкие, круглые, черные прорастают лишь на 3-й год и позднее после обсеменения.

Переросшая марь белая — один из самых проблемных сорняков, способных приспосабливаться к различным условиям среды. Борьбу с этим сорняком необходимо вести в периоды, когда он наиболее уязвим. Всходы мари белой активно растут, а листья наращивают толстый восковой слой, который увеличивается с каждой новой парой листьев. Поэтому сорняк наиболее уязвим в фазе семядолей—первой пары настоящих листьев.

Щирица запрокинутая — теплолюбивый сорняк, произрастающий особенно активно в конце весны—начале лета, когда температура воздуха поднимается до 20°C. Семена хорошо всходят при глубине залегания 0.5–3.0 см. Щирица особенно сильно заселяет пропашные культуры и в первую очередь сахарную свеклу. Семена хорошо сохраняют всхожесть в течение 20 и более лет. Механические повреждения оболочки семени, например, при прохождении культиватора, повышают его способность к прорастанию.

Проростки щирицы в первое время очень слабые. В этот период рост и развитие стебля и ли-

Таблица 2. Видовой состав сорняков в посеве сахарной свеклы (абсолютный контроль, середина июня)

Сорняки	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее	
	шт./м ²				%
Малолетние двудольные сорняки (всего)	74	124	232	143	72.9
Щирица запрокинутая	41	83	63	62.3	43.5
Марь белая	17	26	28	23.7	16.5
Подмаренник цепкий	0.6	4	49	17.9	12.5
Ярутка полевая	5	2.8	19	8.9	6.2
Чистец полевой	6	4	52	20.7	14.4
Пикульник	1.2	1	—	0.7	0.5
Просвирник	0.2	0.2	3	1.1	0.8
Горец вьюнковый	1	2	5	2.7	1.9
Фиалка полевая	2	0.8	12	4.9	3.4
Воловик	—	—	1	0.3	0.2
Злаки (всего)	9	7	144	53.3	27.1
Многолетние сорняки (всего)	—	0.2	—	0.07	0.04
Сумма сорняков	83	131	376	197	100

стеблей находятся в состоянии покоя, и развивается главным образом корневая система. После появления первых настоящих листьев рост стебля и последующих листьев идет очень быстро. Раннее отрастание относительно мощной корневой системы заметно повышает устойчивость щирицы к традиционным свекловичным гербицидам. Поэтому ее ставят в один ряд с такими трудноискоренимыми сорняками, как марь белая, горцы, просвирник, подмаренник и др. При высокой численности всходов щирицы в посеве урожайность сахарной свеклы, как правило, в большей степени зависит от успешности борьбы с этим сорняком.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Нарастание массы проростка сахарной свеклы с момента перехода его на самостоятельное питание характеризовалось типичной S-образной кривой роста [12]. Обработки гербицидами (как правило, с конца апреля до середины июня) приходились на начальный замедленный период роста (1-й этап, индукционный период) и первый период интенсивного нарастания массы сахарной свеклы 2-го этапа роста.

В зависимости от погодных условий, оказывающих большое влияние на продолжительность прорастания семян, рост и развитие проростков культуры и сорняков, срока высева семян сахарной свеклы (ранний, оптимальный, поздний) заметно варьировался характер засоренности поля. Всходы сорняков могли появиться раньше или

позднее всходов сахарной свеклы. Но чаще всего сорняки прорастали одновременно с растениями сахарной свеклы. Продолжительность роста малолетних двудольных сорняков в фазе семядоли по нашим учетам менялась от 3-х до 5-ти сут, сахарной свеклы 7–10 сут. После появления 2-х настоящих листьев у широколистных сорных растений очередные несколько пар листьев отрастали в среднем через каждые 2 сут. На основании этих наблюдений в опыте осуществляли контроль за увеличением численности сорняков.

В условиях засушливой погоды численность сорняков при 3-кратном внесении гербицидов, как правило, постепенно убывала от обработки к обработке до незначительного остаточного количества. В условиях дождливой погоды численность сорняков 2-й волны в посеве сахарной свеклы, после 1-й обработки гербицидами могла быть большей, чем в абсолютном контроле, в котором часть площади уже была заселена подростными сорняками первой волны.

Дружные всходы сорняков чаще отмечали перед первой химической прополкой посева сахарной свеклы. В последующие сроки внесения гербицидов всхожесть сорняков варьировала в зависимости от погоды и остаточной засоренности посева, в результате чего сообщество сорняков дифференцировалось по возрасту и массе растений (рис. 1).

Обработка сорняков в фазе семядолей минимально допустимыми нормами 3-компонентных гербицидов группы бетанала обеспечивала высо-



Рис. 1. Сорняки в фазе семядоли—начало отрастания 1-й пары настоящих листьев (а, б), 1-я пара настоящих листьев (в), 2 пары настоящих листьев (г), разновозрастные сорняки (д), переросшие сорняки (е).

кую чистоту посева в сочетании с низкой их фитотоксичностью для сахарной свеклы в возрасте семядолей—1-й пары настоящих листьев независимо от количества всходов растений культуры во время химической прополки. Гербициды не оказывали влияния на всхожесть оставших по времени растений сахарной свеклы. В случае более

позднего прорастания сорняков относительно культуры проростки сахарной свеклы имели наибольшее конкурентное преимущество, т.к. ее растения уже имели развитые листья семядолей.

Химическая прополка сорняков преимущественно в фазе семядолей (до 90%) препаратом БЭОФ в норме расхода 1 л/га была наиболее каче-

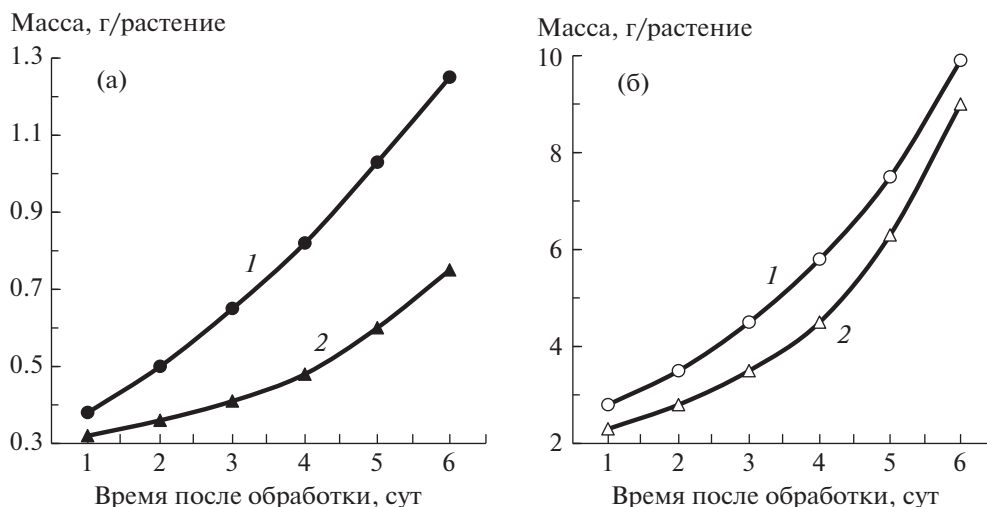


Рис. 2. Нарастание биомассы растений сахарной свеклы после 1-й обработки препаратом Бетанал 22 в фазе семядолей (а) и в фазе 2-х пар настоящих листьев (б): 1 – контроль, 2 – Бетанал 22 1.2 л/га.

ственной и слаботоксичной для растений сахарной свеклы. Эффективность действия БЭОФ в борьбе с сорняками составила 98–100%, его фитотоксичность для сахарной свеклы – 10% относительно контроля с ручной прополкой (табл. 2).

Небольшая задержка с обработкой гербицидом увеличивала неоднородность сорняков по фазе развития в зависимости от характера пика всхожести растений. Пологая кривая нарастания сорняков предопределяла наиболее высокую дифференциацию сообщества сорных растений. Сорняки, сформировавшие 2 настоящих листа, заметнее проявляли фазовую устойчивость к гербицидам, в результате чего при соотношении их в варианте 45% в фазе семядолей + 55% в фазе 2-х настоящих листьев эффективность БЭОФ в этой же норме расхода снизилась до 92–95%, а фитотоксичность гербицида для подросших растений сахарной свеклы уменьшилась до 8%.

При аналогичной неоднородности сорняков в опыте близкие результаты получены в варианте с применением препарата Митрон 1.5 л/га. В случае преобладания сорняков в фазе развития 2-х настоящих листьев гибель сорняков возрастала в варианте после внесения комбинации гербицидов БЭОФ + Митрон (1+1) л/га до 95–98%, а фитотоксичность этой смеси для сахарной свеклы в фазе семядолей составила 14%.

С нарастанием возрастной неоднородности сорной растительности (семядоли–4 настоящих листа) увеличение нормы расхода БЭОФ до 1.3 л/га не способствовало повышению эффективности гибели сорняков (85–92%), тогда как фитотоксичность его для сахарной свеклы замет-

но возрастала (до 17%). Комбинация гербицидов БЭОФ + Митрон (1.3 + 1.5) л/га лучше очищала посев от сорняков (89–95%), но и повышала их фитотоксичность для сахарной свеклы до 19%.

Увеличение нормы расхода БЭОФ до 1.5 л/га в вышеприведенной комбинации гербицидов для усиления действия на переросшие сорняки в фазе развития 6-ти настоящих листьев не обеспечивало полной чистоты посева, но повышало фитотоксичность этой схемы для сахарной свеклы в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев до 23%.

Сахарная свекла, испытывая стресс, как бы “замирала” после обработки гербицидом. Позднее у растений наступал период, когда растения сахарной свеклы возобновляли активный рост. В зависимости от дозы гербицида, условий среды, фазы развития сахарной свеклы их стрессовое состояние длилось от 6 до 14 сут. При избыточном внесении гербицидов растения сахарной свеклы были подвержены более длительной депрессии.

Например, длительное торможение накопления массы у опытных растений сахарной свеклы в фазе семядолей–начало отрастания 1-й пары настоящих листьев являлось следствием проявления токсикоза от воздействия гербицида Бетанал 22 (рис. 2а).

У растений сахарной свеклы в фазе 2-х пар настоящих листьев Бетанал 22 в этой же норме расхода вызывал кратковременное торможение роста с последующей активизацией накопления массы относительно контроля (рис. 2б). Отмечено, что накопление массы в период стресса происходило в основном за счет роста очередных но-

Таблица 3. Эффективность гербицидов в борьбе с широколистными сорняками и их фитотоксичность для сахарной свеклы после первой химической прополки (2018–2020 гг.)

Вариант	Фаза развития сорняков	Гербициды, л/га	Количество малолетних двудольных сорняков, шт./м ² *	Эффективность, %	Масса сахарной свеклы, г/100 растений**	Фитотоксичность, %
3	Семядоли (90%), 2 настоящих листа (10%)	БЭОФ 1.0	76	98–100	83/75	10
4	Семядоли (45%), 2 настоящих листа (55%)	БЭОФ 1.0	82	92–95	90/83	8
5	Семядоли (43%), 2 настоящих листа (57%)	БЭОФ 1.0 + Митрон 1.0	79	95–98	92/79	14
6	Семядоли (45%), 2 настоящих листа (55%)	Митрон 1.5	73	90–95	90/82	9
7	Семядоли (15%), 2 настоящих листа (65%), 4 настоящих листа (20%)	БЭОФ 1.3	82	85–92	96/80	17
8	2 настоящих листа (60%), 4 настоящих листа (40%)	БЭОФ 1.3 + Митрон 1.5	84	89–95	106/75	19
9	2 настоящих листа (35%), 4 настоящих листа (50%), 6 настоящих листьев (15%)	БЭОФ 1.5 + Митрон 1.5	79	84–92	110/85	23
<i>НСР₀₅</i>					7	

*Количество двудольных сорняков в варианте перед внесением гербицидов. То же в табл. 4, 5.

**Масса 100 растений в контрольном и опытном вариантах через 6 сут после внесения гербицидов. То же в табл. 4, 5.

вых листьев, на которые менее всего оказывали влияние гербициды группы бетанала.

Эффективная химическая прополка первой волны сорняков создавала предпосылки для дружного прорастания второй волны, сорняки которой успешно подавляли в наиболее ранние фазы развития, несмотря на возросшую возрастную их неоднородность. Комбинации гербицидов БМП + Митрон (1.25 + 1.0) л/га, БЭОФ + Карибу + Тренд (1.0 + 0.03 + 0.2) л/га (кг/га), Митрон + Карибу + Тренд (1.0 + 0.03 + 0.2) л/га (кг/га) хорошо подавляли сорняки в фазе семядолей–2-х настоящих листьев с небольшим количеством растений в фазе 4-х настоящих листьев (табл. 3). Приведенные схемы применения гербицидов оказывали незначительное фитотоксическое действие на растения сахарной свеклы в возрасте 2–3-х пар настоящих листьев.

Для эффективной борьбы с сорняками в фазе 4-х настоящих листьев увеличили нормы расхода гербицидов группы бетанала и Митрона. Комбинации гербицидов БЭОФ + Митрон (1.3 + 1.5) л/га и БМП + Митрон (1.5 + 1.5) л/га очищали от сорняков посев сахарной свеклы с эффективностью 93–98%, а фитотоксичность гербицидов для сахарной свеклы составляла 12–13% относительно

контроля с ручной прополкой. По переросшим сорнякам (6 настоящих листьев) применили более “жесткие” нормы расхода гербицидов группы бетанала, усилив их действие страховыми менее токсичными гербицидами Карибу и Митрон. Комбинации гербицидов БЭОФ + Митрон + Карибу + Тренд (1.5 + 1.5 + 0.03 + 0.2) л/га (кг/га) и БМП + Митрон + Карибу (1.8 + 1.0 + 0.03) контролировали засоренность посева с эффективностью 90–96%, а фитотоксичность их для сахарной свеклы была в пределах 16–18% к контролю. Следует обратить внимание, что в комбинации БМП с Карибу поверхностно-активное вещество Тренд не вносили ввиду заметного повышения фитотоксичности смеси для сахарной свеклы.

Всходы 3-й волны сорняков, особенно в условиях недостатка влаги в почве, были малочисленными и зависели от сроков и эффективности ранее внесенных гербицидов. Сообщество двудольных сорняков было неоднородным по возрасту и массе растений, а спектр засоренности суживался до нескольких видов, включавших в основном щирицу запрокинутую. При засоренности посева сорняками преимущественно в фазе семядолей–2-х настоящих листьев высокоэффективными были комбинации гербицидов БМП + Митрон

Таблица 4. Эффективность гербицидов в борьбе с широколиственными сорняками и их фитотоксичность для сахарной свеклы после 2-й химической прополки (2018–2020 гг.)

Вариант	Фаза развития сорняков	Гербициды, л/га, кг/га	Количество малолетних двудольных сорняков шт./м ² *	Эффективность, %	Масса сахарной свеклы, кг/100 растений**	Фитотоксичность, %
3	Семядоли (73%), 2 настоящих листа (27%)	БМП 1.25 + Митрон 1.0	58	97–99	1.28/1.20	6
4	Семядоли (62%), 2 настоящих листа (37%), 4 настоящих листа (1%)	БЭОФ 1.0 + Карибу 0.03 + Тренд 0.2	64	93–96	1.28/1.18	8
5	Семядоли (65%), 2 настоящих листа (31%), 4 настоящих листа (4%)	Митрон 1.0 + Карибу 0.03 + Тренд 0.2	59	91–94	1.28/1.19	7
6	Семядоли (15%), 2 настоящих листа (68%), 4 настоящих листа (17%)	БЭОФ 1.3 + Митрон 1.5	71	93–97	1.43/1.25	13
7	2 настоящих листа (69%), 4 настоящих листа (31%)	БМП 1.5 + Митрон 1.5	66	94–98	1.43/1.26	12
8	2 настоящих листа (52%), 4 настоящих листа (40%), 6 настоящих листьев (8%)	БЭОФ 1.5 + Митрон 1.5 + Карибу 0.03 + Тренд 0.2	64	90–94	1.57/1.28	18
9	2 настоящих листа (42%), 4 настоящих листа (45%), 6 настоящих листьев (13%)	БМП 1.8 + Митрон 1.0 + Карибу 0.03	71	92–96	1.57/1.32	16
<i>НСР</i> ₀₅					0.08	

(1.5 + 1.5) л/га, БЭОФ + Карибу + Тренд (1.3 + 0.03 + 0.2) л/га (кг/га), которые очищали посев сахарной свеклы от сорняков с эффективностью соответственно 96–98 и 92–95%. При нарастании в посеве сорняков в фазе 4-х настоящих листьев последнюю комбинацию гербицидов дополняли препаратом Митрон в норме расхода 1.0 л/га. Смесь была более эффективна в подавлении сорняков этого возраста. Перечисленные комбинации гербицидов в вариантах 3–5 не оказывали фитотоксичного действия на сахарную свеклу в фазе развития 8–12 листьев. С увеличением количества возрастных сорняков в посеве не менее эффективным было применение более жесткой смеси, заменив в комбинации БЭОФ 1.3 л/га на Бетанал 22 1.5 л/га (вариант 6), однако фитотоксичность смеси для сахарной свеклы возрастала до 14% к контролю с ручной прополкой (табл. 4).

Перед смыканием рядков сахарной свеклы, когда растения культуры перекрывали междурядье, смесь БМП + Митрон (1.8 + 1.5) эффективно (90–93%) очищала посев от сорняков в фазе 2–4 настоящих листьев и подавляла рост перерос-

ших сорняков. Впоследствии остаточные сорняки не конкурировали с растениями культуры, находясь под покровом листового аппарата сахарной свеклы. Эта комбинация гербицидов отличалась более низкой фитотоксичностью для сахарной свеклы (11%).

При возросшей численности переросших сорняков (6–8 настоящих листьев) в посеве сахарной свеклы перед смыканием рядков применяли сложные смеси в максимально допустимых нормах расхода. Эффективно подавляла рост и развитие переросших сорняков смесь БЭОФ + Митрон + Карибу + Тренд (1.5 + 1.5 + 0.03 + 0.2) л/га (кг/га). Не погибшие переросшие сорняки продолжительное время были в угнетенном состоянии, что обеспечивало конкурентное преимущество сахарной свеклы. Гибель сорняков при применении схемы гербицидов, рассчитанной на подавление переросших сорняков, снижалась, эффективность гербицидов была на уровне 86–90%. Вместе с тем фитотоксичность этой схемы гербицидов для сахарной свеклы в сравнении с аналогичной схемой, примененной в этом же ва-

Таблица 5. Эффективность гербицидов в борьбе с широколистными сорняками и их фитотоксичность для сахарной свеклы после 3-й химической прополки (2018–2020 гг.)

Вариант	Фаза развития сорняков	Гербициды, л/га, кг/га	Количество малолетних двудольных сорняков, шт./м ² *	Эффективность, %	Масса сахарной свеклы, кг/100 растений**	Фитотоксичность, %
3	Семядоли (43%), 2 настоящих листа (52%), 4 настоящих листа (5%)	БМП 1.5 + + Митрон 1.5	37	96–98	12.7/12.2	3
4	Семядоли (16%), 2 настоящих листа (76%), 4 настоящих листа (8%)	БЭОФ 1.3 + + Карибу 0.03 + + Тренд 0.2	43	92–95	12.7/11.9	6
5	Семядоли (7%), 2 настоящих листа (80%), 4 настоящих листа (13%)	БЭОФ 1.3 + + Митрон 1.0 + + Карибу 0.03 + + Тренд 0.2	41	97–99	12.7/12.0	5
6	2 настоящих листа (65%), 4 настоящих листа (35%)	Бетанал 22 1.5 + + Митрон 1.0 + + Карибу 0.03 + + Тренд 0.2	35	95–98	12.7/11.6	8
7	2 настоящих листа (45%), 4 настоящих листа (50%), 6 настоящих листьев (5%)	БМП 1.8 + + Митрон 1.5	37	90–93	12.7/11.2	11
8	2 настоящих листа (20%), 4 настоящих листа (55%), 6–8 настоящих листьев (25%)	БЭОФ 1.5 + + Митрон 1.5 + + Карибу 0.03 + + Тренд 0.2	51	86–90	12.7/11.0	13
9	2 настоящих листа (10%), 4 настоящих листа (45%), 6–8 настоящих листьев (45%)	Бетанал 22 2.0 + + Карибу 0.03 + + Тренд 0.2	43	78–85	12.7/10.4	18
<i>НСР</i> ₀₅					0.7	

рианте во время 2-й обработки, уменьшилась с 18 до 13%.

Повышение “жесткости” схемы за счет применения смеси Бетанала 22 с Карибу и Трендом в нормах расхода (2.0 + 0.03 + 0.2) л/га (кг/га) не обеспечило увеличения гибели сорняков, а фитотоксичность схемы для сахарной свеклы возрас- тала до 18% к контролю с ручной прополкой.

Сорняки интенсивно росли, накапливали массу и в зависимости от возраста увеличивали свою устойчивость к рекомендованным нормам расхода гербицидов. Например, масса 1-го растения щирицы запрокинутой в фазе семядолей варьировала в пределах 20–60 мг, 4-х настоящих листьев – 160–250 мг, 8-ми настоящих листьев – 2.5–6.0 г. Для сравнения масса растений сахарной свеклы соответственно в этих же фазах развития была равна 160–200 мг, 1.15–1.40 г, 28–36 г. Гербициды в рекомендуемых нормах расхода не ока-

зывали существенного влияния на рост и развитие сахарной свеклы, начиная с возраста 3 пары настоящих листьев и в более поздние фазы роста. Нарастание массы сахарной свеклы после 3-х обработок гербицидами в вариантах 3–5 было на уровне контроля с ручной прополкой, что свидетельствовало о нивелировании их действия на растения культуры. Отставание роста растений сахарной свеклы относительно контроля отмечено в варианте 6.

Фитотоксичность гербицидов для растений сахарной свеклы в разной степени проявилась в вариантах 7–9. Последнее, скорее всего, было связано с продолжительностью депрессии растений сахарной свеклы после применения гербицидов в максимально допустимых нормах расхода по переросшим сорнякам во время 1-й и 2-й обработок.

Таблица 6. Влияние различных по “жесткости” схем гербицидов на продуктивные показатели сахарной свеклы (2018–2020 гг.)

Вариант	2018 г.		2019 г.		2020 г.		Среднее		
	Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га
1	13.7	19.7	16.2	19.5	9.6	20.0	13.2	19.7	2.60
2	39.4	19.6	54.1	19.0	36.4	19.7	43.3	19.4	8.40
3	38.2	19.5	52.8	19.2	35.9	19.8	42.3	19.5	8.25
4	37.8	19.5	55.7	18.8	33.7	19.7	42.4	19.3	8.18
5	38.5	19.4	53.6	19.1	34.4	19.7	42.2	19.4	8.18
6	37.6	19.5	54.6	18.9	33.2	19.5	41.8	19.3	8.07
7	36.5	19.3	50.9	19.1	32.6	19.6	40.2	19.3	7.76
8	35.1	19.4	51.3	18.8	30.9	19.6	39.1	19.3	7.55
9	35.6	19.3	49.8	18.7	30.7	19.3	38.7	19.1	7.39
<i>HCP</i> ₀₅	2.8	0.4	3.7	0.4	3.2	0.4			

Средняя остаточная засоренность в вариантах опыта на 1 сентября варьировала от 0.26 до 0.75 шт./м². Наиболее высокая остаточная засоренность отмечена в вариантах с поздней химической прополкой переросших сорняков. Недостаток влаги в августе в годы исследования оказал заметное влияние на формирование вегетирующих сорняков. Растения не имели развитых боковых побегов, отличались низкой вегетативной массой.

Недобор влаги в конце вегетации сахарной свеклы в годы исследования определил высокую сахаристость корнеплодов (19–20%) (табл. 5). Продуктивные показатели сахарной свеклы формировались в зависимости от условий погоды, эффективности комбинации гербицидов на сорняки и токсикологической нагрузки ими на растения культуры. Урожайность на уровне контроля с ручной прополкой получена за счет оптимизации роста и развития сахарной свеклы в условиях, сочетающих низкую фитотоксичность комбинации гербицидов на растения культуры с высокой эффективностью химической прополки посева и длительным периодом сдерживания нарастания сорняков.

При использовании “мягких” схем гербицидов по сорнякам в ранних фазах развития в вариантах 3–6 достоверного снижения урожайности сахарной свеклы и расчетного сбора сахара не выявлено. Применение максимально допустимых и повышенных норм расхода гербицидов по переросшим сорнякам на всех этапах химической прополки создавало предпосылки для снижения продуктивных показателей сахарной свеклы. Расчетный сбор сахара в вариантах 7–9 достоверно

снижался на 0.64–1.01 т/га. Таким образом, высокая эффективность химической прополки в сочетании с низкой фитотоксичностью для сахарной свеклы обеспечивалась при обработке наименьшими (из рекомендуемых) нормами расхода препаратов в ранних фазах развития сорняков: семядолей–1-й пары настоящих листьев.

Растения сахарной свеклы, так же как и растения сорняков, наиболее чувствительны к гербицидам в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев. Вторая и последующие обработки гербицидами в нормированных дозах, как правило, не приводили к глубоким физиологическим отклонениям у сахарной свеклы, однако могли продлить период депрессии, если растения не восстанавливали полностью свои жизненные функции. У поврежденных растений проявлялись компенсаторные реакции, позволяющие до известной степени сохранить устойчивое состояние функций организма и выйти из стресса после всех обработок гербицидами с более интенсивным новообразованием структур, процессов роста и отложения веществ в запасующие ткани. Поэтому, чаще всего, в производстве после серии обработок нормированными дозами гербицидов в условиях благоприятной погоды наблюдают лишь незначительное торможение роста растений к середине вегетации культуры.

ВЫВОДЫ

1. Химическая прополка сорняков в фазе семядолей препаратом БЭОФ 1.0 л/га обеспечивала высокую чистоту посева (98–100%) в сочетании с низкой фитотоксичностью для сахарной свеклы. Задержка с обработкой гербицидом приводила к

увеличению фазовой неоднородности сообщества сорняков и снижению его эффективности действия на сорняки (92–95%), сформировавших 2 настоящих листа у 55% растений. При аналогичной неоднородности сорняков эффективность препарата Митрон 1.5 л/га была равна 90–95%. Фитотоксичность гербицидов для сахарной свеклы в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев составила 8–10% по показателю снижения нарастания массы относительно контроля с ручной прополкой.

С увеличением фазовой неоднородности сорняков в посеве (семядоли–4 настоящих листа) применение комбинации гербицидов БЭОФ 1.0 л/га + Митрон 1.0 л/га и БЭОФ 1.3 л/га + Митрон 1.5 л/га с эффективностью действия на сорняки 95–98 и 89–95%, сопровождалось повышением фитотоксичности гербицидов для сахарной свеклы до 14–19%.

Обработка переросших сорняков (до фазы 6 настоящих листьев) смесью БЭОФ 1.5 л/га + Митрон 1.5 л/га не приводила к повышению ее эффективности (84–92%), но фитотоксичность смеси для сахарной свеклы в фазе семядолей–1-й пары настоящих листьев возрастала до 23%.

2. Сахарная свекла в зависимости от нормы расхода гербицида, условий среды, фазы развития была в стрессовом состоянии в течение от 6-ти до 14-ти сут. Наиболее сильное торможение накопления массы под действием гербицида Бетанал 22 1.2 л/га у опытных растений сахарной свеклы отмечали в фазе семядолей–начало отрастания 1-й пары настоящих листьев. В фазе 2-х пар настоящих листьев Бетанал 22 в этой же норме расхода вызывал кратковременное торможение роста с последующей активизацией накопления массы относительно контроля.

3. Эффективная химическая прополка первой волны сорняков создавала предпосылки для дружного прорастания второй волны. Сорняки, которые успешно подавлялись в наиболее ранние фазы развития, обрабатывали комбинациями гербицидов БМП + Митрон (1.25 + 1.0) л/га; БЭОФ + Карибу + Тренд (1.0 + 0.03 + 0.2) л/га (кг/га); Митрон + Карибу + Тренд (1.0 + 0.03 + 0.2) л/га (кг/га) в фазе семядолей–2-х настоящих листьев, и они не оказывали сильного фитотоксического действия на растения сахарной свеклы в возрасте 2–3-х пар настоящих листьев.

Комбинации гербицидов БЭОФ + Митрон (1.3 + 1.5) л/га и БМП + Митрон (1.5 + 1.5) л/га очищали посев сахарной свеклы от сорняков в фазе 2–4-х настоящих листьев с эффективностью

93–98%, а фитотоксичность гербицидов для сахарной свеклы возрастала до 12–13% относительно контроля с ручной прополкой. При наличии переросших сорняков (6 настоящих листьев) более “жесткие” комбинации гербицидов (БЭОФ + Митрон + Карибу + Тренд (1.5 + 1.5 + 0.03 + 0.2), БМП + Митрон + Карибу (1.8 + 1.0 + 0.03) л/га (кг/га) контролировали засоренность посева с эффективностью 90–96%. Фитотоксичность их для сахарной свеклы возрастала до 16–18% к контролю.

4. Всходы 3-й волны сорняков были малочисленными и зависели от сроков и эффективности ранее внесенных гербицидов. Сорняки в фазе семядолей–2-х настоящих листьев хорошо контролировались комбинациями гербицидов БМП + Митрон (1.5 + 1.5) л/га; БЭОФ + Карибу + Тренд (1.3 + 0.03 + 0.2) л/га (кг/га), которые очищали посев сахарной свеклы от сорняков с эффективностью 96–98 и 92–95%. Для подавления сорняков в фазе 4-х настоящих листьев последнюю комбинацию гербицидов дополняли препаратом Митрон 1.0 л/га. Комбинации гербицидов не оказывали фитотоксического действия на сахарную свеклу в фазе развития 8–12-ти листьев. С увеличением количества возрастных сорняков в посеве не менее эффективным было применение более “жесткой” смеси, заменив в комбинации БЭОФ 1.3 л/га на Бетанал 22 1.5 л/га, однако фитотоксичность смеси для сахарной свеклы возрастала до 14% к контролю с ручной прополкой. Смесью БМП + Митрон (1.8 + 1.5) эффективно (90–93%) очищала посев от сорняков в фазе 2–4 настоящих листьев и подавляла рост переросших сорняков. Комбинация гербицидов отличалась более низкой фитотоксичностью для сахарной свеклы (11%). Гибель сорняков при применении смеси БЭОФ + Митрон + Карибу + Тренд (1.5 + 1.5 + 0.03 + 0.2) л/га (кг/га), рассчитанной на подавление переросших сорняков, снижалась до 86–90%, а фитотоксичность этой схемы для сахарной свеклы составила 13%.

Повышение “жесткости” схемы за счет применения смеси Бетанала 22 с Карибу и Трендом в нормах расхода (2.0 + 0.03 + 0.2) л/га (кг/га) не обеспечивало увеличения гибели переросших сорняков, а фитотоксичность схемы для сахарной свеклы возрастала до 18% к контролю с ручной прополкой.

5. Продуктивность сахарной свеклы зависела от факторов, обеспечивающих оптимизацию роста и развития растений в условиях, сочетающих высокую эффективность химической прополки посева с низкой фитотоксичностью гербицидов для растений культуры. При использовании

“мягких” схем применения гербицидов по сорнякам в ранних фазах развития в вариантах 3–6 снижения урожайности сахарной свеклы и расчетного сбора сахара не выявлено. Применение максимально допустимых и повышенных норм расхода гербицидов по переросшим сорнякам на всех этапах химической прополки создавало предпосылки для снижения продуктивных показателей сахарной свеклы. Расчетный сбор сахара в вариантах 7–9 достоверно снижался на 0.64–1.01 т/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шпаар Д., Дрегер Д., Захарченко А. Сахарная свекла. Минск, 2004. 326 с.
2. Иващенко А.А. Современные тенденции защиты посевов сахарной свеклы от сорняков // Защита и карантин раст. 2005. № 2. С. 26–30.
3. Иващенко А.А. Особенности защиты посевов сахарной свеклы от сорняков в условиях температурного стресса // Защита и карантин раст. 2014. № 3. С. 25–26.
4. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. М.: Печатный Город, 2009. 252 с.
5. Баздырев Г.И. Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений. М.: Колос, 2004. 328 с.
6. Артохин К.С. Сорные растения. М.: Печатный город, 2010. 272 с.
7. Дворянкин Е.А. Особенности проявления фитотоксичности гербицидов группы бетанала на сахарной свекле // Сахар. свекла. 2011. № 9. С. 25–29.
8. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
9. Паденов К.П., Довбан В.К. Сорные растения, их вредоносность, методы учета и меры борьбы. Минск, 1979. 55 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
11. Дворянкин Е.А., Дворянкин А.Е. Полевая оценка фитотоксичности гербицидов в свекловичных посевах // Сахар. свекла. 2015. № 10. С. 38–41.
12. Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М. Краткий справочник по физиологии растений. Киев: Наукова думка, 1973. 592 с.

Effectiveness of Herbicides for Weed Control and Their Phytotoxicity for Sugar Beet depending on Age of the Treated Plants and Consumption Rates of Chemicals

E. A. Dvoryankin

The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar p. VNIISS 86, Ramonsky district, Voronezh region 396030, Russia

E-mail: dvoryankin149@gmail.com

In field experiments at the VNIISS experimental field, various combinations of herbicides were tested against juvenile dicotyledonous weeds in the sugar beet crop in 2018–2020, including preparations: Betanal maksPro (BMP), Betanal Expert OF (BEOF), Betanal 22, Mitron, Caribou. The effectiveness of chemical weeding has been investigated depending on the age of weeds and the rate of consumption of drugs. It is shown that the highest efficiency of chemical weeding (98–100%) in combination with low phytotoxicity for sugar beet was provided when processing the lowest (of the recommended) consumption rates of drugs in the early phases of weed development: cotyledons—the 1st pair of true leaves. The delay in herbicide treatment increased the heterogeneity of weeds in the development phase and reduced the effectiveness of chemical weeding. Sugar beet, especially in the early stages of development, experienced stress after the introduction of herbicides for 6 to 14 days. The duration of stress depended on the dose of herbicide, environmental conditions, and the phase of sugar beet development. With excessive application of herbicides, sugar beet plants were subject to a longer depression. The formation of productive indicators of sugar beet depends on weather conditions, the effectiveness of a combination of herbicides on weeds and their toxicological load on crop plants. The use of maximally permissible and increased herbicide consumption rates for overgrown weeds at all stages of chemical weeding created prerequisites for reducing the productive indicators of sugar beet. In experiments where relatively “rigid” herbicide schemes were used, the calculated sugar harvest decreased by 0.64–1.01 t/ha.

Key words: sugar beet, herbicides, weeds, efficiency, phytotoxicity, productivity.